

Diseño y Construcción de un Robot Seguidor de Luz

Pedro Guardone, Gastón Solari Loudet.

Diseño y construcción de un robot de bajo costo capaz de orientarse en la dirección de una fuente de luz. Sus dos ejes rotatorios permiten al robot apuntar hacia una luz ubicada en un espacio tridimensional moviéndose en coordenadas esféricas.

Introducción

El proyecto fue realizado como trabajo final de la materia Control Discreto. Esta materia de mecatrónica brinda las herramientas necesarias para diseñar una estrategia de control para sistemas multivariables con la implementación de microcontroladores. Además de aprender la teoría, con la realización del proyecto se aprendieron las dificultades que surgen al querer llevar un diseño a la práctica. El robot puede tener aplicaciones en distintas áreas: en la orientación hacia el sol de paneles solares de satélites, en el seguimiento de un telescopio a una estrella o cometa, en la orientación de una cámara hacia objetos luminosos como un cohete o faros de autos.

Objetivos

- Diseñar y construir un aparato que se oriente con la luz de manera autónoma cumpliendo las siguientes especificaciones:
 - Tiempo de establecimiento menor a 3 segundos.
 - Seguimiento con error nulo a una entrada de tipo rampa.
- Modelar el sistema y verificar el modelo.

Materiales/Métodos

Diseño Mecánico

El diseño mecánico contempló tanto el diseño funcional y estructural como la estrategia de control a implementar. Se construyó un sistema que sólo tuviera alinealidades compensables y con ambos motores desacoplados permitiendo controlar la posición de uno independientemente de la posición del otro con una estrategia de control lineal.

Sensores

Se utilizaron dos LDR por cada motor para sensar su posición habiendo previamente armado una tabla que relaciona la lectura de los sensores con la posición del motor.

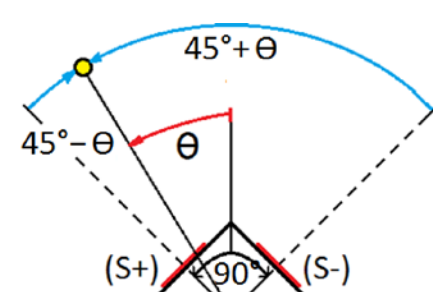


Figura 1: sistema de dos sensores

La intensidad luminosa "I" que recibe cada LDR depende tanto del ángulo "θ" de incidencia, como de otras variables no controlables (potencia de luz "P", distancia "D"). A su vez, la resistencia "R" de los LDR varía con dicha intensidad, obedeciendo aproximadamente la siguiente ley (donde "K" y "n" son constantes del sensor):

$$R = \frac{K}{I^n} \quad I(\theta) = \frac{P}{D^2} \cos \theta \quad \text{Ecuación (1)}$$

Al aplicarle una fuente de corriente constante a dicha resistencia, el microcontrolador lee la caída de potencial "V = iR", y formulando una variable "Δ" que cancele matemáticamente al efecto de las variables no controlables, puede identificar la posición angular del conjunto de sensores, relativa a la luz:

$$\Delta = \frac{V_1 - V_2}{V_1 + V_2} \cong \frac{\cos^{-n}(\theta + 45^\circ) - \cos^{-n}(\theta - 45^\circ)}{\cos^{-n}(\theta + 45^\circ) + \cos^{-n}(\theta - 45^\circ)} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Entre la fuente de corriente y el ADC del microcontrolador, la señal atraviesa por una etapa de amplificación y de filtro anti-alias como medio de calibración, con el fin de adaptar el rango dinámico de voltaje (0-5V) según las condiciones del ensayo:

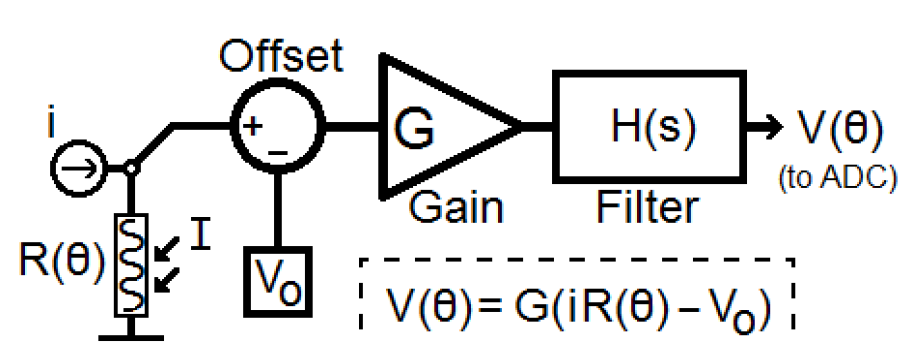


Figura 2 : Electrónica de adaptación de la señal, para un solo sensor

Estrategia de control

Consistió en control PID de cada motor por separado utilizando parámetros P, I y D ajustados para cada motor.

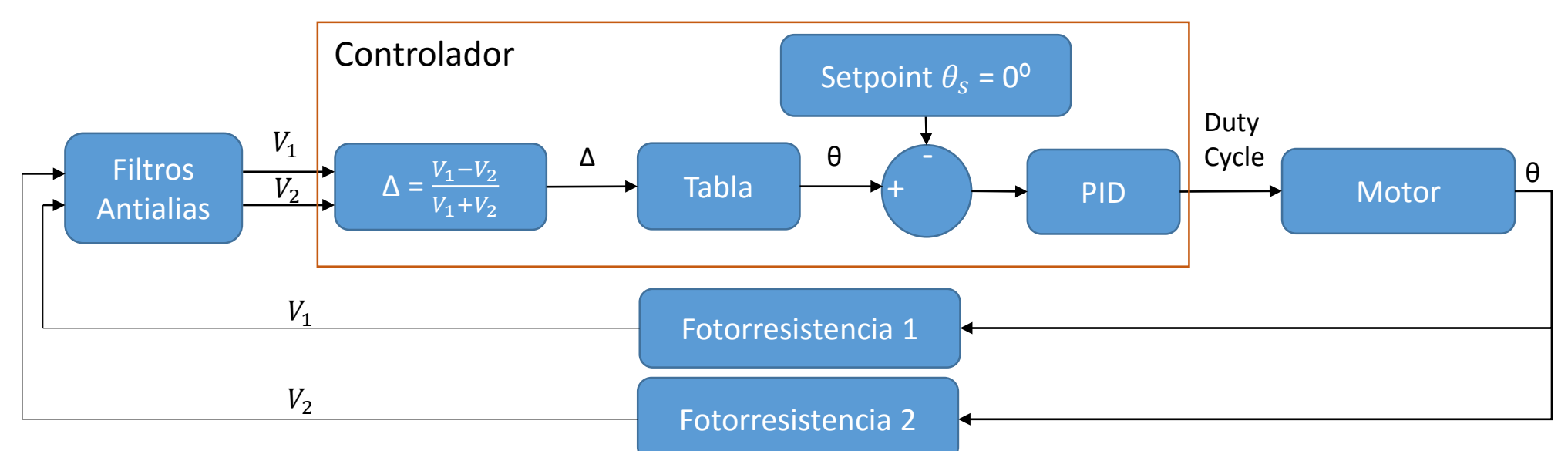


Figura 3 : Esquema de la estrategia de control para cada motor

Modelado

Mediante ensayos de los motores elegidos, se obtuvieron los parámetros necesarios para describir la dinámica de los mismos a través de la siguiente función de transferencia de tercer orden.

$$G(s) = \frac{\Theta(s)}{V(s)} = \frac{k_t}{(Ls + R)(Is^2 + Bs) + k_t k_f s} \quad \text{Ecuación (3)}$$

L: Inductancia de armadura del motor

R: Resistencia de armadura del motor

I: Momento de inercia del motor y su eje acoplado

B: Coeficiente de roce viscoso

k_t: Constante mecánica del motor

k_f: Constante eléctrica del motor

Θ: Posición angular del motor

V: Tensión aplicada al motor

Resultados

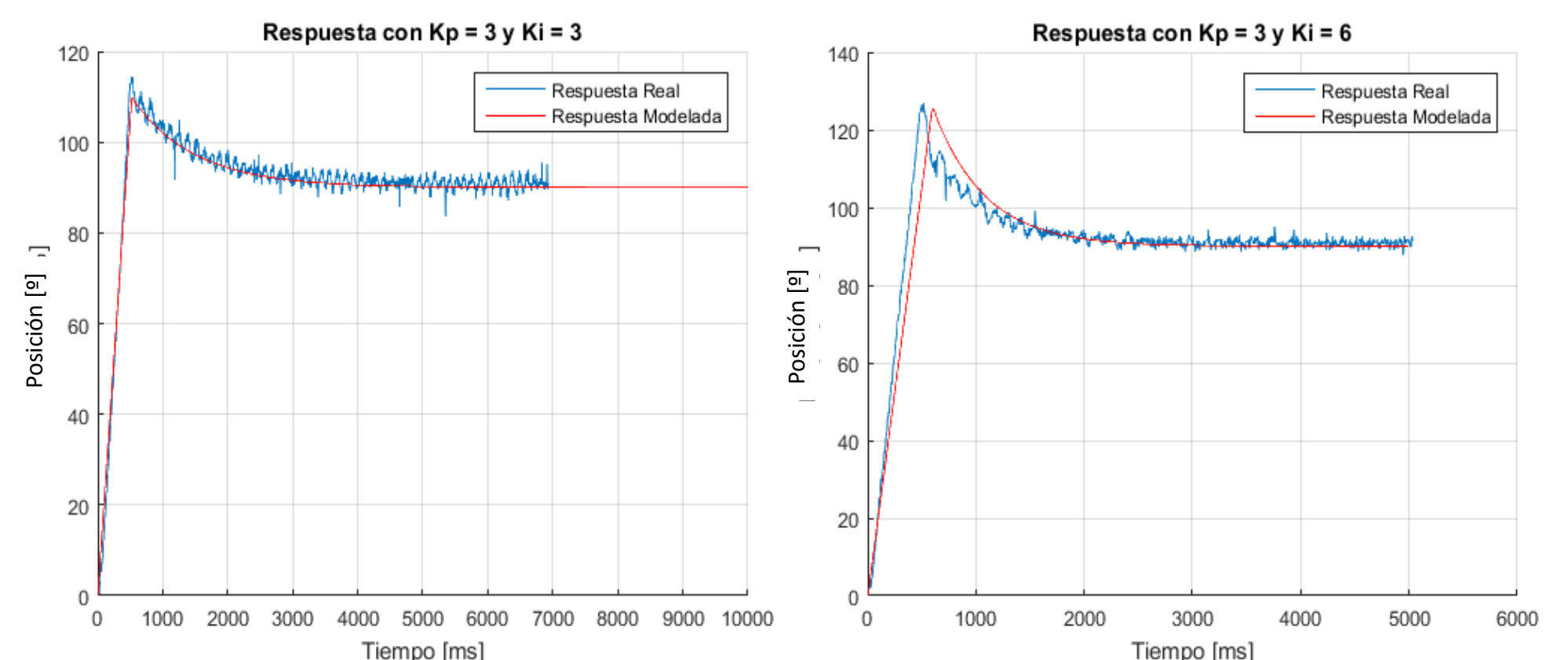


Figura 4: Respuestas de la planta a entrada escalón con distintos parámetros P (Kp) e I (Ki)

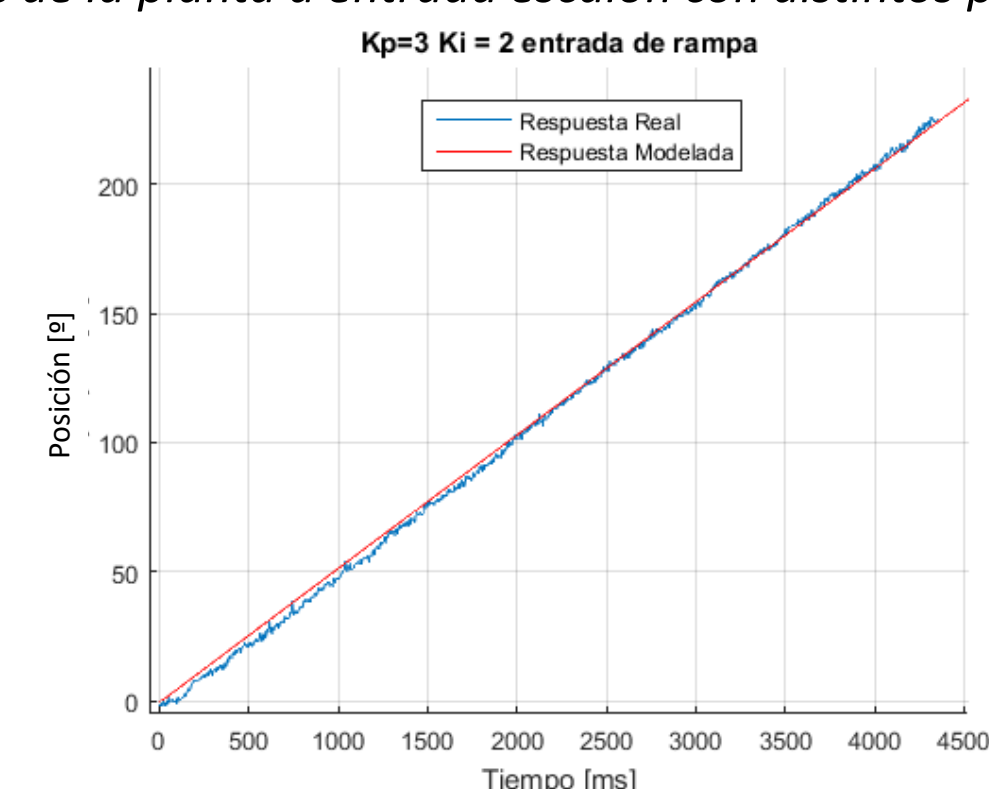


Figura 5: Respuesta de la planta a entrada tipo rampa

Conclusiones

- El robot cumple con las especificaciones propuestas de tiempo de establecimiento y seguimiento a la rampa.
- El modelo obtenido se ajusta correctamente a la dinámica del sistema.

Bibliografía

- [1] Ogata, *Sistemas de Control Discreto*, Segunda Edición, Prentice Hall, 1996.
- [2] Smith and Corripio, *Principles and Practices of Automatic Process Control*, Second Edition, John Wiley & Sons, 1997.